



Messung der *Feststoffdichte* an Pulvern, Granulaten, Pasten, Flüssigkeiten

Dichte von Gipspulver (Baugips)

Ein Problem bei der hydrostatischen Messung waren bisher pastöse und feinteilige Stoffe. Statt Pyknometer einzusetzen, kann die sehr komfortable imeter Dichtemessung angewendet werden. Plagt vielleicht die Frage, wie sollte denn ein Pulver aufgehängt werden?

Der Maßstab bei der hydrostatischen Festkörperdichtemessung ist die Dichte der Flüssigkeit, um damit die exakt gemessene Auftriebskraft auf das Probenvolumen zurückzuführen. In diesem Beispiel wird die Messung von feinpulvrigem Material (Gips) beschreiben. Zur Erhöhung der Sicherheit wird das alternierende Messverfahren für die Gewährleistung des Maßstabs und die Meniskuseliminierung für sicherste Messwerte eingesetzt. Am Ende des Beispiels wird die Messung zur Reinheits- bzw. Gehaltsbestimmung erweitert.

Ein Problem ist, wenn der Prüfstoff in der praktischen Standardflüssigkeit „Wasser“ angegriffen wird. In diesem Fall kann entsprechend ein Lösemittel als Messfluid gewählt werden. Nur gibt es kaum Flüssigkeiten deren Dichten über Temperaturbereiche im ppm-Maßstab glaubwürdig ermittelt sind. Auch dieses Problem wird gelöst.

Als Flüssigkeit wurde Chloroform (technische Qualität) eingesetzt. Es bindet den Gips nicht und benetzt das Pulver gut, und man sollte annehmen können, dass alle Luft aus der Probenmatrix ausgetrieben wird. Außerdem, die relativ hohe Dichte verbessert die Messauflösung. Praktisch wurde so vorgegangen: Eine *Schale*, in die hernach das Pulver gegeben wird, wird leer in die Messflüssigkeit eingesetzt und zwar zur Dichtemessung¹ der Flüssigkeit selbst. Dann wird in den Behälter eine Menge Gips genau eingewogen; das Gewicht wird im Datenformular angegeben, die Schale in die Messzelle eingesetzt und wie zuvor automatisch nach Temperaturangleichung, nun die Dichte des Pulvers bestimmt. Im Ergebnis wird die Schale, d.h. Masse und Volumen des vormaligen *Messkörpers* eliminiert². Später wird die (leere, saubere) Schale wieder als Dichtemesskörper verwendet und die Flüssigkeit gemessen. Dann kann die nächste Probe untersucht werden³. Dies klingt vielleicht aufwendig, ist es aber nicht, denn die Handgriffe und Eingaben sind einfach, kaum der Rede wert; Daten suchen oder rechnen braucht man nicht und jedweder Fehler fällt sofort auf - sei er systematischer Natur⁴ oder von zufälligem Charakter⁵. Und wenn eventuell das Gewicht der Probe per Tippfehler falsch angegeben wurde, kann dies jederzeit (auch während der Messung) korrigiert werden – oder es wird ein Messablauf (Messprogramm) gewählt, innerhalb dem das Probengewicht gleich mit-bestimmt wird.

¹ Die „Schale“ war *Probe* in einer sorgfältigen Festkörperdichte- und Dilatationsmessung und wurde dadurch ein valider Dichtemesskörper für Flüssigkeiten. Es hätte natürlich auch ein normaler Dichtemesskörper verwendet werden können – aber, wozu der Aufwand!

² Nach analogem Schema der Eliminierung ist auch die Porosität, z.B. durch Ummantelung mit Wachs, als Messgröße zugänglich

³ Es muss nicht streng abgewechselt werden zwischen Fest/Flüssigkeitsdichte. Bei bekannten Probenarten genügt es, zwischendurch die Flüssigkeitsdichte zu bestimmen. Die imeter-Datenauswertung sucht sich passende Daten selbst zusammen. Und es stört auch nicht, nicht einmal als systematischer Fehler, wenn sich die Temperatur dabei geändert hat.

⁴ z.B. die Flüssigkeit verändert sich → eine Dichtestufe erscheint über die Vor- und Nachbestimmte Flüssigkeitsdichte.

⁵ z.B. Gasbläschen → es ergibt sich bei drei Werten schon ein unnatürlicher Trend bzw. eine starke Streuung. (Normalerweise liefern Dichtemessgeräte keine Mittelwerte oder Verläufe, das ist auch ein wichtiger Punkt der Sicherheit).

©2006 imeter/MSB Breitwieser
MessSysteme
Tel. (+49)(0)821/706450

<http://www.imeter.de>

imeter Anwendungen

Diesem Anwendungsbeispiel ist der zur Messung automatisch erzeugte *imeter*-Prüfbericht beigelegt. Die relative Ausführlichkeit ergibt sich aus der Forderung, dass die Variablen einer Messung dargestellt werden sollen und müssen (GxP). Variabel sind nicht nur die Messdaten selbst und deren Umstände sowie die Eigenschaften der Normale, sondern auch Abläufe und Handhabungen. Dazu verfügt *imeter* einerseits über eine Modelliersprache, um Mess- bzw. Steuerungsverfahren zu gestalten („was soll der Fall sein“) und andererseits über analytische Fähigkeiten, um zu bewerten, *was der Fall* ist und um darüber in Berichten Rückkopplung zu geben. - *imeter* befreit kostbare Arbeitszeit, indem es nicht nur das Messen/Steuern/Regeln, sondern auch die beurteilungsreife Darstellung und Dokumentation weitgehend automatisiert.

Die Formatierungsvorgaben des Berichts bestimmen Art und Umfang der Informationsdarstellung. – Der Anwender (der Kunde oder wir) können jederzeit in die Lage versetzt werden, die Plausibilität und Validität einer Messung detailliert zu überprüfen.

Der imeter-Prüfbericht auf den folgenden Seiten enthält keine Erläuterungen (Prüfmittelüberwachung, alternative Einheiten u.a.) Bitte finden Sie Erläuterungen und zuschaltbare Features in einigen anderen, der in dieser Reihe gezeigten Beispiele.

Die Messung ist technisch bedingt sehr genau: Weil durch die Differenzwägung im Messablauf Driftstörungen beseitigt werden und durch die Eliminierung des *Meniskusgewichts* auch die andere wesentliche Fehlerquelle entfällt, zudem wird die Flüssigkeitsdichte garantiert. So ist die Methode sicher, robust und genau.

Diese Messungen wurden in einem Temperiergefäß mit Deckel ausgeführt (Messzelle), die Flüssigkeit wird dabei mit dem integrierten Magnetrührwerk umgewälzt, um im Fluid eine einheitliche Temperatur zu gewährleisten. Dabei dient ein Ministat -Thermostat (Peter Huber Kältemaschinenbau GmbH, Offenburg - www.huber-online.com) zur exakten Temperierung.

Messungen laufen selbstverständlich vollautomatisch bis zur Berichtsabgabe durch.
 ... Temperaturangleichung abwarten, umrühren, Probe heben und senken, *Meniskus auslöschen*, gerechte Werte messen, ein paar Mal wiederholen, schließlich das Ergebnis ausgeben:



imeter/MSB, Augsburg am 27.04.06

Feststoffdichte

Titel: Baugips, feines Pulver

Bemerkung:

Dichtemessung von Baugips in Chloroform. Probe wird im Messgefäß mit CHCl3 übergossen und sichergestellt, dass vollständige Benetzung vorliegt.

Ergebnis: $\rho^{25,01^{\circ}\text{C}} = 2,3752\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
 Baugips, gemessen in Chloroform (Kalibrierungsübertragung)

Bericht

Kommentar: < Die ersten Messwerte müssen ausgeklammert werden. - Womöglich war ein Gasbläschen in dem Schlicker gefangen, welches erst nach ein paar Minuten aufstieg (?).
 Es ist natürlich schwierig bei so viel Oberfläche, die das feine Pulver hat, andere Effekte, die sich auf den Auftrieb / das Probenvolumen auswirken [z.B. höhere Dichte der Flüssigkeitsmoleküle in der Grenzfläche] ganz von der Hand zu weisen.
 In diesem Präzisionsbereich fehlen schlicht Erfahrungen. > **Kommentar**

• Ermittelte Probandaten

Dichte	$\rho = 2,3752$	$\pm 0,0006$	g/cm^3	0,2‰
Volumen	$V = 4,9164$	$\pm 0,0003$	cm^3	60ppm
Masse	$m = 11,6774$	$\pm 0,0002$	g	20ppm
Wägewert	$W = 11,6732$	$\pm 0,0002$	g	

Die Masse der Probe ist um 4,2mg größer als der Wägewert; materialbezogen beträgt der Unterschied 0,4‰.

Der angegebene Dichtewert wurde aus dem Mittelwert der Einzelergebnisse gebildet. Die Standardabweichung beträgt absolut $1,7 \cdot 10^{-4} \text{g}/\text{cm}^3$. Da die Streuung kleiner ist, als die Fehlerschätzung, kann von einer formalen Richtigkeit der Messung ausgegangen werden.

• Zwölf Dichtemesswerte

[135] **Option Zeitbereich-Angabe:** Auswertung und Diagramm Daten werden durch eine gesetzte Zeitbereichsbeschränkung auf Messwerte zwischen 9,81 und 13,21 Minuten beschränkt. Zur Untersuchung verbleiben vier Dichtewerte.
 Gesamtdauer 13,9 Minuten. Es lag eine unstetige, Temperaturzunahme von 24,99 auf 25,04°C vor.

Diagramm 'Temperaturabhängigkeit'

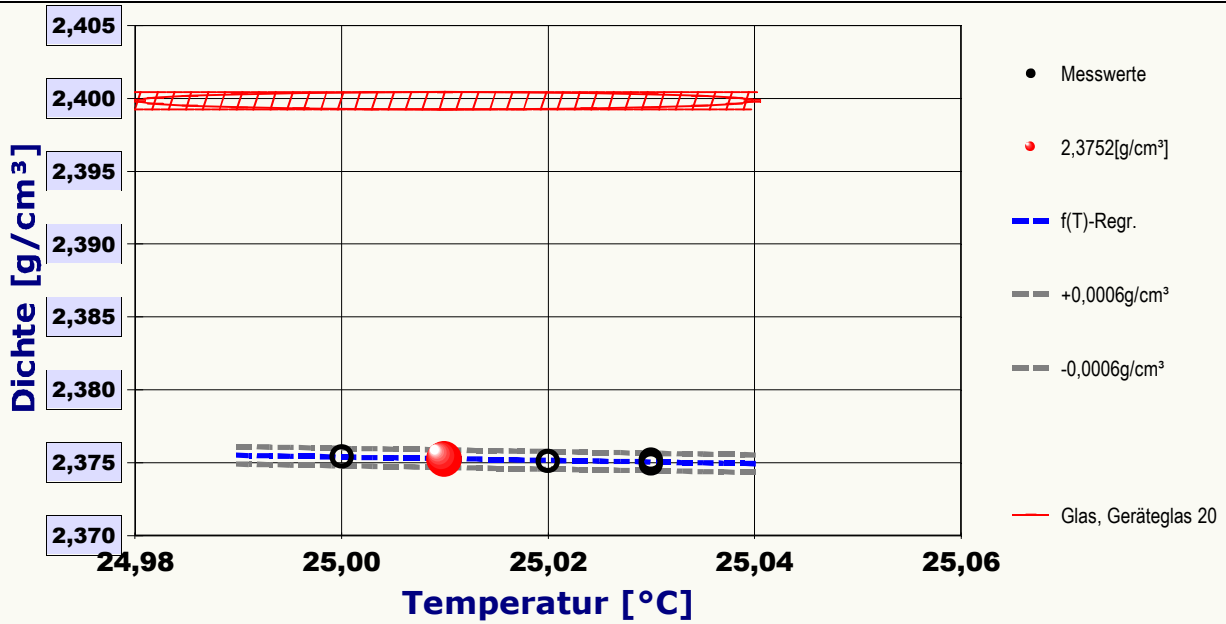


Diagramm 'Dichte-Zeitverlauf'

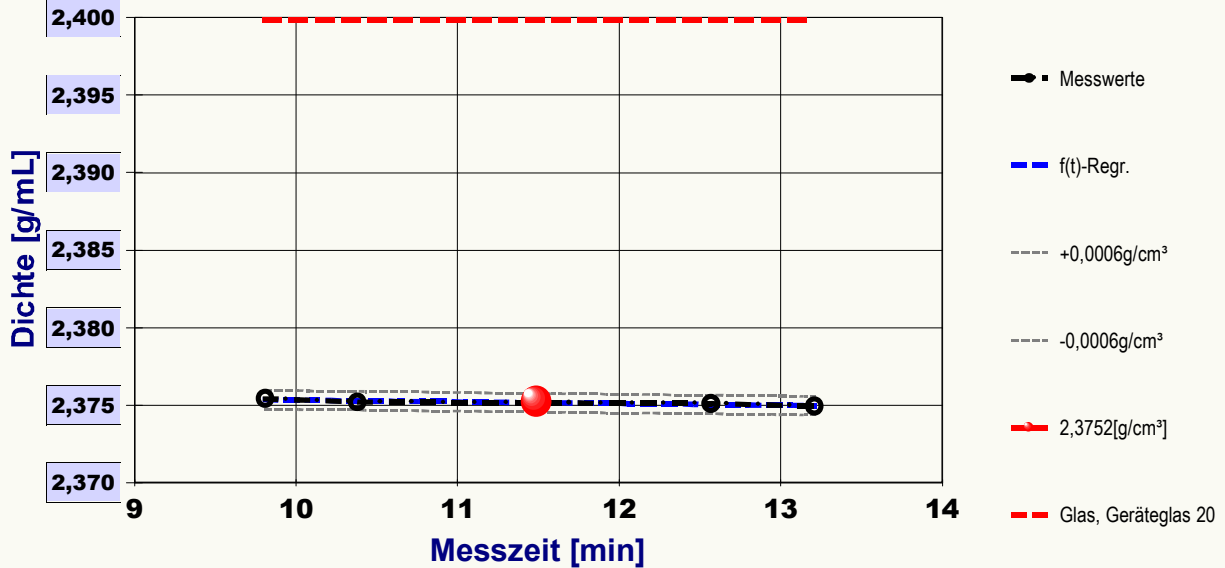
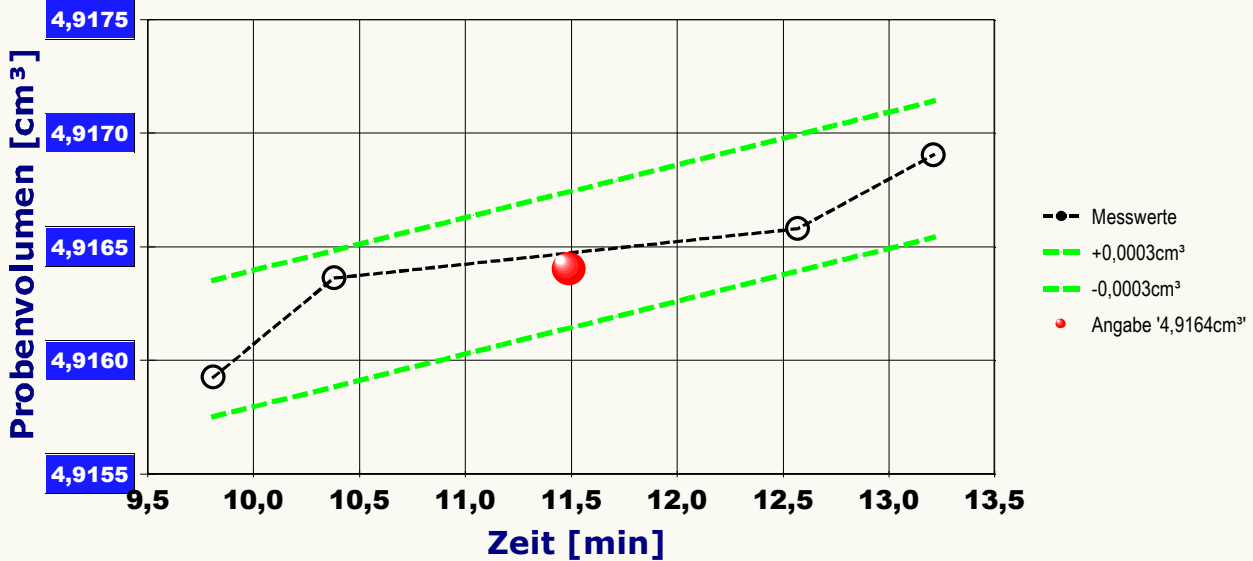


Tabelle der Detaildaten:

Die Tabelle zeigt auch diejenigen Daten, die durch die Auswertoption [135] temporär von der automatischen Bewertung ausgenommen sind.

N°	Zeit	T	ρ_{Fl}	ρ_{Probe}	V_{Probe}	$\Delta t_{Akqu.}$	ΔT	$\Delta \rho_{Probe}$	N
1.	2,2	24,99	1,46744	2,37173	4,92357	3,0	-0,01	-9,2E-5	4
2.	3,1	24,99	1,46744	2,37137	4,92432	1,2	-	-	2
3.	3,7	25,01	1,46740	2,37095	4,92518	1,2	-0,01	-9,3E-5	2
4.	5,6	25,01	1,46740	2,37017	4,92681	2,4	-0,01	-2,9E-5	3
5.	6,2	25,01	1,46740	2,37003	4,92709	9,0	-0,01	8,0E-6	10
6.	6,9	25,00	1,46742	2,36999	4,92717	9,0	-0,02	-1,5E-4	10
7.	9,0	25,02	1,46738	2,36942	4,92837	0,6	0,00	-3,4E-5	2
8.	9,8	25,00	1,46742	2,37541	4,91593	0,6	-	-	2
9.	10,3	25,03	1,46736	2,37520	4,91636	2,4	0,00	-3,3E-5	3
10.	12,5	25,02	1,46738	2,37510	4,91658	4,2	0,01	1,3E-4	5
11.	13,2	25,03	1,46736	2,37494	4,91690	1,2	-	-	2
12.	13,9	25,04	1,46734	2,37475	4,91730	1,8	0,01	1,3E-4	3

Diagramm 'absolutes Volumen'



• Chronologische Volumenentwicklung

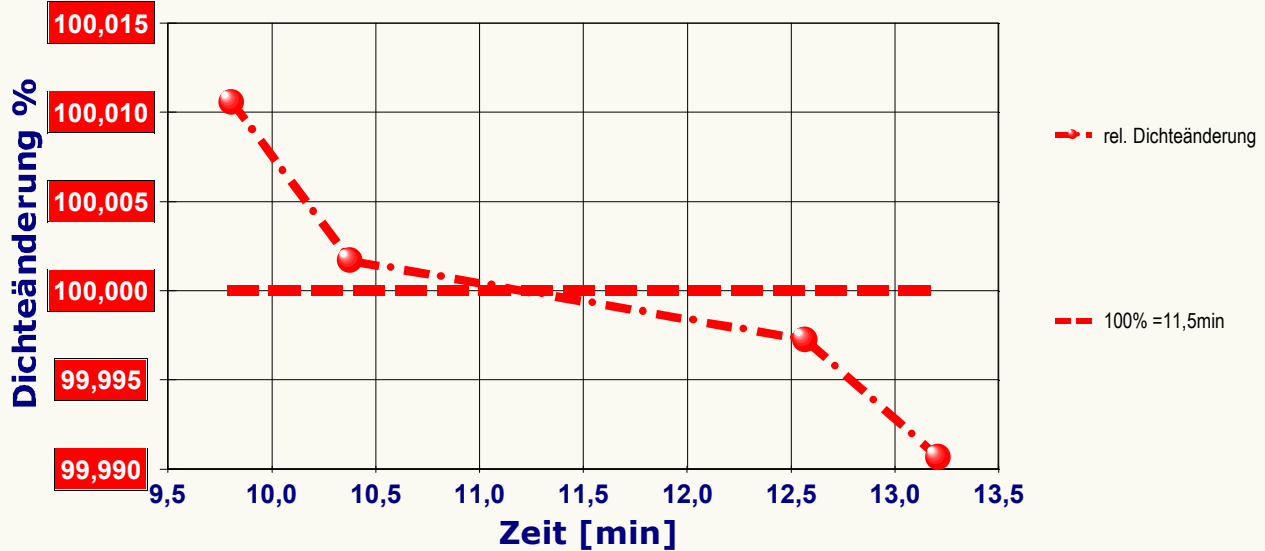
Die Entwicklung des Probenvolumens mit der Messzeit wird durch die folgende Gleichung beschrieben:

$$V_i[\text{cm}^3] = f(t[\text{min}]) = 4,9138 + 2,321\text{E-}4 \cdot t$$

Die Korrelation ist analog für die Dichtewerte, bedeutungslos ($r^2 = 0,87$), die Standardabweichung der Gleichung gegen die Messwerte beträgt absolut $1,46\text{E-}04\text{cm}^3$ und relativ 30ppm. So ist die Streuung über den gesamten Bereich kleiner, als der eingeräumte Volumenfehler. (vgl. Diagramm *absolutes Volumen*.)

BEARBEITUNGSHINWEIS: Die Behandlung des Volumens betrifft diejenigen Fälle, in welchen die Volumeneigenschaft bestimmter Prüfkörper in Frage steht. So kann mittels der Messzeitfunktion eine rationale Handhabung dieser individuellen Eigenschaft ermöglicht werden. -- Die Funktionsgleichung wird im Bewertungsschema nicht verwendet; allein die Standardabweichung dient zur Überprüfung und allfälligen Korrektur der Unsicherheitsannahme des Volumens. -- Die Dichtewerte werden jedenfalls aus den originären Volumendaten bestimmt.

Diagramm 'relative Dichteänderung'



• Auswertungshinweise

Messflüssigkeit 'Chloroform', experimentell vor- und nachbestimmt in Messung **N°7182 und 7184**. Die Übertragung der Kalibrierung des Flüssigkeitsdichtemesskörpers (ID339) durch das alternierende Messverfahren - bindet die angegebene Dichte automatisch an die Dichte des Messkörpers an. Die Unsicherheit des Zahlenwertes der Flüssigkeitsdichte wurde aus der Messunsicherheit der zugehörigen Flüssigkeitsdichtebestimmung übernommen. Die Flüssigkeitsdichte, $\rho_{\text{Fl.}}$, wurde demnach gemäß folgender Bestimmungsgleichung zur Temperatur berechnet:

$$\rho_{\text{Fl.}} = f(\zeta[^\circ\text{C}]) = (1,4800 - 1,892\text{E-}3 \cdot (\zeta - 25)) - 0,01258, \text{ Unsicherheit } \pm 0,00006\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$$

Die Übertragung der Kalibrierung ermöglicht mit einem korrekt ausgemessenen Flüssigkeitsdichtemesskörper, ein maximales Sicherheitsniveau des Maßstabs zu erreichen.

• Technik

Einsatz der Prüfkörperaufnahme 'Aluschale [8.23.1]' (ID340). Diese wird mit 29,632g in der Messung untertauchendes Befestigungsmaterial mit der Dichte $2,8561\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ bei 25°C - mit dem kubischen Ausdehnungskoeffizienten $62 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$ - berücksichtigt. In der angewandten Patentmethode, dem Meniskuseliminierverfahren, wurde der Aufhängungsquerschnitt mit $0,0314\text{mm}^2$ angegeben. Über den Niveauunterschied von durchweg 8,501mm zwischen Bezugskraft- und Auftriebskraft-Messung ergibt sich ein Beitrag von

0,27mm³(~Mikroliter), um den der Volumenauftrieb korrigiert wird. Das Gewicht von Prüfkörper und Halterung (gesamt 41,2972g) wurde im Datenblatt angegeben.

• Meldungen

Vorsicht! Die Flüssigkeitsdichte weist einen relativen Unterschied von 0,9% zur erwarteten Dichte auf. Dadurch kann der Ausdehnungskoeffizient beeinflusst sein und der Messfehler ist ggf. größer als angegeben.

• Datenbankvergleiche

1. Glas, Geräteglas 20 ¹	2,4	1,0%	
2. Sodolith, Nosean, Hauyn ²	2,4	1,0%	SF weiss, nmG, MH 5-6
3. Hydrargillit ²	2,4	1,0%	SF weiss, nmG, MH 2-3
4. Silizium, analytisch ¹	2,3296	1,9%	
5. Silizium (NIST) ¹	2,3291	1,9%	
6. Glas, Suprax ¹	2,31	2,7%	
7. Nattrolith, Skolezit ²	2,3	3,2%	SF weiss, nmG, MH 5-6
8. Apophyllit ²	2,3	3,2%	SF weiss, nmG, MH 4-5
9. Gips ¹	2,3	3,2%	SF weiss, nmG, MH 1-2
10. Glas, Fenster ²	2,48	4,4%	
11. Graphit ¹	2,267	4,6%	SF grau-schwarz, mG, MH 1
12. Orthoklas, Mikroklin, Sanidin ²	2,5	5,3%	SF weiss, nmG, MH 6-7
13. Glas, Duranglas 50 ¹	2,23	6,1%	

¹: Für 25,01°C berechneter Referenzwert, ²: Tabellierter Referenzwert.
(Auswahl nur aus Referenzdaten, Stand 27.04.06)

In diesem Bericht werden nicht alle verfügbaren Diagramme ausgegeben. Sie können die Ausgabe der Grafiken durch Aktivierung der entsprechenden "Checkboxen" (unter der Registerkarte "Optionen") bewirken.

Nicht angezeigte Charts: Das Diagramm 1 "Temperaturverlauf und Ereignisse" zeigt eine Übersicht zum Verlauf der Messung, insbesondere auch, die Temperaturentwicklung und Ereignisse bei der Messung.

Berichtseinstellungen - aktivierte Ausgabeeinstellungen: Datenbankvorschläge anzeigen, Detaillierte Ergebnisse, Allgemeine Angaben, Bearbeitungshinweise, formatierte Tabellen, Prüfmittelüberwachung, Berichtseinstellungen.

Beschränkte Informationsausgabe durch negierte Optionen: Erläuterungstexte, Vergleichsanalyse, alternative Einheiten, Zusatzinformationen, Audit-Trail, Online-Protokoll, Status und Ausführungshinweise, Authentifizierungen werden nicht angezeigt.

Prüfmittel

Die Kraftmesseinrichtung (WZ224-CW) wurde 1,3 Stunden vor dieser Messung von imeter bei einem 1-Tage Intervall der Prüfmittelüberwachung justiert. Die letzte vollständige Überprüfung/Justierung der Positioniervorrichtung von **imeter** (ID16405542) erfolgte am 06.01.05. **Systemdaten:** Auflösung des Wägesystems 0,1mg, Messunsicherheit^{*)} 0,2mg, Dichte der Justiermasse^{*)} 8,000 g/cm³, Luftdichte^{*)} 1,2kg/m³, Umrechnungen von Masse nach Kraft mit dem Wert 9,80769m/sec² für die Fallbeschleunigung^{*)}. Die Messauflösung der Temperaturmessung beträgt 0,01K, die Unsicherheit^{*)} 0,03K. Akquisitions-Softwareversion imeter 4.1.108, LizenzN° *3037-4759*, Windows 5.1-Betriebssystem auf PC Ser.N°143431694 (C, iTop).

^{*)}: Die gekennzeichneten Angaben der Systemdaten können nachträglich angepasst werden - etwa um individuelle Messunsicherheiten der Fühler wirksam werden zu lassen. Änderungen auch an diesen Daten werden im Audit-Log protokolliert und können zurückgenommen werden.

<0000007183>

Verifikation

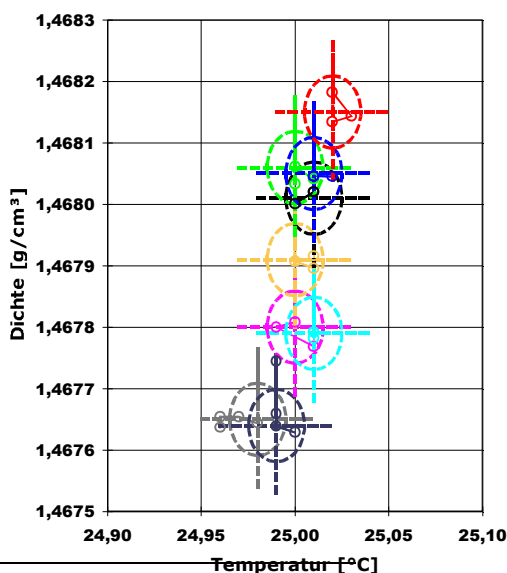


Diagramm: Zur schnellen Überprüfung der Messflüssigkeit, wurden die im Verlauf der Kampagne erhaltenen Flüssigkeitsdichten durch eine Zusammenschau begutachtet⁶. Das Diagramm zeigt, da die Temperatur um ein paar Hundertstel Grad im Verlauf anstieg, die aufeinander folgenden Messergebnisse der Flüssigkeitsdichten schräg übereinander. Die Dichtezunahmen zeigen sich als geringfügig und stetig, obwohl in der Testreihe neben Gipspulver auch Sand, Honig, Gold, Salz, Zinngranulat gemessen wurden.

(Der für die Qualität der Messungen bedeutungslose Dichteanstieg kann auch erklärt werden: und zwar entweder durch einen Verlust eines weniger dichten Stabilisators oder einer anderen spezifisch leichteren, flüchtigen Verunreinigung, oder gar durch Aufkonzentration einer höherdichten Verunreinigung infolge der Verdunstung des Chloroforms (technischer Qualität). Wie auch immer – kein Sprung, kein Problem!)

⁶Das Vergleichsdiagramm erhält man auf Knopfdruck, indem die Messungen aus einem Browserfenster *zusammengedrückt* werden.

Dichtemessen mit imeter heißt vereinfacht, aus Temperatur und Dichte der Flüssigkeit (Festkörperdichtemessung) / des Festkörpers (=Flüssigkeitsdichtemessung) die jeweils andere Größe zu erhalten. Wenn *alle drei* Größen bekannt sind, ergibt die Messung einen exakten Zirkelschluss. Und was Sicherheit und Richtigkeit generell betrifft – auf imeter kann jede Komponente für sich geprüft werden: Die Wägezelle schlicht mit einem zusätzlichen, externen Justiergewicht (möglichst geeicht), das Thermometer in Eiswasser, der Messkörper am Justiergewicht, ... oder insgesamt, indem reines Wasser (oder eine andere als Referenzsubstanz taugliche Flüssigkeit) mit der Dichte- & Dilatationsmessung und mit einem Normalkörper (Messkörper mit exakter Dichte) gemessen wird. Falls Komponenten nicht korrekt funktionieren, fällt dies per Bericht unmittelbar auf. Aufwand und Kosten zum Kalibrieren sind darum sehr gering, und eine Nullpunktsdrift des sensorischen Kerns, der Waage, wird frei jeden Aufwands, *automatisch* ausgeschlossen – zudem, Quarz-, Glas- oder Edelstahlkörper ändern ihre Masse oder Volumen nicht sehr schnell – zumindest nicht in menschlichen Zeitskalen. Verbrauchsmaterial gibt es nicht und Wartungskosten sind sehr gering.

Zurück zur Messung bzw. dem Bericht. Die Auswertung gibt die folgende erklärungsbedürftige Meldung aus⁷:

„Vorsicht! Die Flüssigkeitsdichte weist einen relativen Unterschied von 0,9% zur erwarteten Dichte auf. Dadurch kann der Ausdehnungskoeffizient beeinflusst sein und der Messfehler ist ggf. größer als angegeben.“

Dies ist so zu verstehen, die Auswertung prüft die zeitlich umliegenden Fluidichtemessungen. Stimmen Zeitrahmen und dass das Fluid namentlich in der Datenbank bekannt ist – und bei der aktuellen Messung *nichts* angegeben ist, (so unterstellt die Software, dass *hier die Dichtedaten einzusetzen sind*“) wird das Fluid mit dem Sollwert verglichen. Dieser weicht hier ab, weil das technische CHCl_3 nicht rein ist⁸, und das muss dem Anwender natürlich mitgeteilt werden. Genauso, dass eine Kalibrierungsübertragung eingesetzt wird. Auch darum der Bericht. Der Anwender muss Rückkopplung und Sicherheit darüber erhalten, ob es die Software auch so interpretiert, wie es gemeint ist. Jedenfalls, es macht doppelt nichts aus, dass die Dichte des Chloroforms abweicht (dies wurde separat geprüft). Der softwaretechnische Aufwand wurde veranstaltet, damit der Anwender nicht gezwungen ist, isotherm zu messen.^{9 10}

Eine genaue Dichtemessung bedeutet für binäre Mischungen auch Genauigkeit in einer Gehaltsbestimmung. Die Präzision wächst automatisch mit dem Probenvolumen und der Flüssigkeitsdichte. Hauptkomponenten bei 99% chromatographisch oder spektroskopisch direkt zu bestimmen, ist ziemlich kompliziert, erst recht bei Konglomeraten und organisch/anorganischen Gemengen. Die Präzision der *imeter*-Dichtemessung übertrifft die anderer Methoden in der Regel bei weitem. Wie in der Analytik allgemein, sind Grenzen durch außerhalb der Methode liegende Parameter gesetzt, die abzuklären sind.

Im Datenbankvergleich werden zum Ergebnis Glas, Silizium, Silikate als ähnlich angegeben. Die Vorschläge taugen nicht viel; Gips taucht in wenig präziser Referenz an 9. Stelle auf und erscheint gegenüber rund 2.4g/cm^3 dieser Messung *spezifisch leichter*. Außerdem und überhaupt Gips – Calciumsulfat*H₂O – ist zumindest Teilweise Anhydrit, dessen Dichte höher sei.

Da es sich um keine ausgezeichnete Qualität der Probensubstanz handelt, die von daher sicherlich noch andere Komponenten in nennenswerten Anteilen enthält, ist eine Aufteilung in mineralischen Gips und Anhydrit nicht ganz angebracht. Wir wollen dies jedoch trotzdem Testweise durchrechnen und verwenden die Gehaltsbestimmung. Um im Beispiel Gips neben Anhydrit zu bestimmen, wird die Auswertemethode per *Dropdown* auf „Reinheit/Gehalt“ umgeschaltet und als Verunreinigung wird „Anhydrit“ angegeben. Einfach, schnell und sauber, ohne selbst etwas rechnen, erhält man ein Ergebnis augenblicklich. Der Bericht sieht dann in den hinzugekommenen Teilen folgendermaßen aus:

⁷ Wir möchten uns bei den freien Mitdenkern im www herzlich bedanken, die uns durch hilfreiche Hinweise in die Lage versetzt haben, einige Schönheitsfehler der Berichtsausgaben und der logischen Aufbereitung zu korrigieren.

⁸ normal sind 0.5 bis 1% Ethanol zur Stabilisierung gegen die Phosgenentwicklung enthalten

⁹ Wie kann die Auswertung sagen „Vor- und Nachbestimmt“? Im Jetzt der Messung wird nur der vorige Wert eingesetzt, klar. Sieht man später, nachdem wieder eine Flüssigkeit (gleichen Namens und im Zeitrahmen) gemessen wurde, diese Aufnahme an, dann prüft die Software das ab und mittelt bzw. interpoliert die beiden umliegenden Flüssigkeitsdichtewerte zum Maßstab dieser Messung.

¹⁰ Allgemein sind Automatismen und Handhabungen entgegenkommend, einheitlich und rückkoppelnd. Gerade um auch die zahlreichen anderen imeter-Messtechniken einfach anwendbar zur Verfügung zu stellen. Der Anwender schmachtet nicht in der *Optionenhölle* oder wird mit zahllosen Einstellungen behelligt. Die Kommunikation ist implizit. D.h. die Präzision ergibt sich aus bekannt werdenden Daten; Mittelwerte, Temperatur- oder Zeitabhängigkeiten, Messfehler, ob zur Dilatation Aussagen möglich sind, welche Technik eingesetzt wurde – es ergibt sich.

Feststoffdichte & Gehalt

...

• Gehalt

		% ^m / _m	% ^v / _v	absolut [g]
Gips	:	85,63	88,43	9,9995
Anhydrit	:	14,37	11,57	1,6779

Die Gehaltsbestimmung basiert auf vorliegenden Datenbankeinträgen und der Angabe zum $\rho_{1/2}$ -Koeffizient:

Gips, ID207.3: $\rho_1 = f(\zeta[^\circ\text{C}]) = 2.3 - 8.35\text{E-}5 \cdot (\zeta - 20)$

Präzision: eine Dezimale.

Ref.Anmerkungen: 'SF weiss, nmG, MH 1-2, Ausdehnungskoeffizient unbekannt -- der Wert ist geschätzt!'.

Anhydrit, ID20579.5: $\rho_2^{20} = 2,95\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, Konstantwert für 20°C.

Ref.Anmerkungen: 'MH 3-4 (ABC-Chemie)'.

$\rho_{1/2}$ - Koeffizient: nicht gesetzt bzw. Angabe für ideales Verhalten der Mischungsdichte.

Über Anhydrit liegt kein Temperaturkoeffizient in der Datenbank vor, die Dichte der Komponente kann daher nicht für die Messtemperatur bestimmt werden - es ergibt sich ein systematischer Fehler! Die Referenzdaten von Anhydrit sind auf nur eine Nachkommastellen bestimmt. Die Korrektheit der Gehaltsangabe wird dadurch beeinträchtigt!

...

Selbstverständlich ist um Sachverstand kein umhinkommen. Doch *der Experte für die Messung ist automatisiert.*



imeter intelligenter messen.*

imeter

**und oft auch genauer, schneller, einfacher und umweltfreundlicher.*

imeter

*intelligent, integriert,
automatisiert -
physikalische Messtechnik
verfeinert, kombiniert und
zusammengefasst -
ein besseres Messgerät für*

- ◆ Flüssigkeitsdichte
- ◆ Festkörperdichte
- ◆ Oberflächenspannung
- ◆ Viskosität
- ◆ Sedimentation
- ◆ Konsistenz u.A.

*Kreative Freiräume
einfache Handhabung
Überlegene Technik*



Weitere Beispiele zur Dichtemessung (Weblink):

http://www.imeter.de/interim/6_DichteFK.htm#Beispiele

Allgemeine Infos zum Thema Dichte & Messung (Weblink):

http://www.imeter.de/interim/2_DichteFL_A.htm

Übersicht zu **imeter** (PDF-Dokument):

<http://www.imeter.de/download/imeter-kompakt.pdf>

*Wir setzen **imeter** auch gerne für Messungen & Auftragsuntersuchungen ein. Warum probieren Sie es nicht einfach aus?*

©2006 imeter/MSB Breitwieser MessSysteme
Verantwortung: Michael Breitwieser,
Morellstrasse 6, D-86159 Augsburg
Tel. (+49)0821/706450, Fax 0821/7473489
<http://www.imeter.de>